

Étude de la sensibilité des cultivars de bananier plantain à *Radopholus similis* (Cobb) Thorne (nématode) et essais de protection aux formulations de graines de neem (*Azadiracta indica* A. Juss)

Kosma Philippe, Université de Maroua, Cameroun, E-mail : philippekosma@yahoo.fr
 Ambang Zachée, Université de Yaoundé I, E-mail : zachambang@yahoo.fr
 Ten Hoopen Martijns, CIRAD, E-mail : tenhoopen@cirad.fr
 Begoude Didier, IRAD, Nkolbisson, Cameroun, E-mail : dbegoude@yahoo.fr

Résumé

Les plantains font partie des produits vivriers qui assurent la sécurité alimentaire au Cameroun. Cependant, les rendements de production demeurent faibles à cause de nombreuses contraintes parasitaires, dues notamment à *Radopholus similis*, nématode qui peut causer jusqu'à 75 % de pertes dans les plantations si aucune mesure de protection n'est entreprise. Dans la plupart des cas, le degré de sensibilité des cultivars locaux de bananier plantain vis-à-vis de *R. similis* reste inconnu ; ce qui entraîne généralement des rendements très bas, malgré les techniques de lutte employées. Cela constitue un risque à leur vulgarisation à l'échelle nationale. La stratégie de lutte communément utilisée repose essentiellement sur les produits chimiques dont l'usage est polluant, onéreux et contraignant. Dans la recherche des alternatives à la lutte chimique, ce travail a été entrepris pour évaluer la sensibilité de cultivars *Essong* et *Big Ebanga* à *R. similis* et l'effet des formulations de graines de neem (FGN) dans la protection des bananeraies au Cameroun. À cet effet, le pouvoir pathogène de *R. similis* sur les cultivars *Essong* et *Big Ebanga* a été évalué *in vivo*. Quatre types de FGN [extrait organique, extrait aqueux, huile de neem et poudre de graine de neem] ont été préparées et utilisées pour évaluer leurs effets contre *R. similis* en champ. Les résultats obtenus montrent que les cultivars *Essong* et *Big Ebanga* sont sensibles vis-à-vis de *R. similis*. L'amendement du sol avec ces formulations a provoqué une réduction de la population de *R. similis* et une amélioration du rendement en plantain. Ces résultats suggèrent que les graines de neem pourraient être une matière première pour l'application de nouvelles biotechnologies, telle que la formulation de nématicides d'origine naturelle, pourvoyant ainsi une alternative durable à la lutte chimique contre les nématodes du bananier, dans les systèmes de protection intégrée.

Study of the sensitivity of banana plantain cultivars to *Radopholus similis* (Cobb) Thorne (nematode) and test of protection neem (*Azadiracta indica* A. Juss) seed formulations

Plantains are an important food-crop that ensures a better food security in Cameroon. However, plantain yields remain low because of several parasite constraints, such as *Radopholus similis*, a nematode that can cause losses up to 75% in fields when no protection measures are taken. In most cases, the sensitivity of local plantain cultivars to *R. similis* is unknown; which generally causes low yields despite the control technique used and is a threat to their popularization in the national territory. The control strategy commonly used is based on the use of chemical products which are generally harmful to the environment, the human health and which are very expensive. This work was undertaken to assess the sensibility of two banana plantain cultivars *Essong* and *Big Ebanga* to nematode *R. similis* and the effects of neem seed formulations in the pest management of plantain crops in Cameroon. For this purpose, the parasitic activity of *R. similis* on the cultivars *Essong* and *Big Ebanga* was assessed *in vivo*. Four types of neem seed formulations [methanol extract, water extract, oil extract and neem seed powder] were prepared and tested in field. According to the results obtained, cultivars *Essong* and *Big Ebanga* sensitive to *R. similis*. Soil amendment with these formulations resulted in reduction of the population of *R. similis* and improved performance plantain. These results suggest that neem seeds can be used for the application of biotechnologies such as, the production of natural nematocides,

thus providing a sustainable alternative to the chemical management of plantain nematodes in integrated management production schemes.

1. Introduction

Au Cameroun, la production nationale de plantain est estimée à environ 1 450 000 tonnes. C'est une denrée de base pour les populations, et la consommation annuelle par individu varie entre 109 et 128 kg (Dury et al., 2002). De façon générale, la banane plantain qui est consommée sous forme de légume cuit ou frit, est également utilisée sous de nombreuses transformations : chips, frites, beignets (Ngoh et al., 2005 ; Honfo et al., 2007). Elle représente, en outre, une source substantielle de revenus pour de nombreuses populations et les acteurs de la chaîne de commercialisation en milieu rural et urbain (Nkendah, Akyeampong, 2003 ; Jacobsen et al., 2004). Un large éventail de variétés de bananier plantain est cultivé au Cameroun et parmi celles-ci, les cultivars locaux tels que *Big Ebanga* (*Musa*, AAB) et *Essong* (*Musa*, AAB) font partie des variétés les plus consommées (Mengue et al., 2003 ; Ngoh et al., 2005 ; Okolle et al., 2009). Ces cultivars que l'on retrouve abondamment dans la plupart des exploitations sont caractérisés sur le plan organoleptique par leur richesse en vitamine A, caroténoïdes et autres minéraux essentiels comme le zinc et le potassium (Ngoh et al., 2005 ; Lusty et al., 2006). Par ailleurs, la précocité de la production associée aux caractéristiques physiques des régimes à savoir la taille, le nombre de mains et la dimension des doigts constituent les critères de base pour la sélection de ces cultivars par les paysans (Mengue et al., 2003).

Bien que les caractéristiques agronomiques ne figurent pas dans la liste des critères pris en compte par les paysans pour effectuer leur sélection variétale, il n'en demeure pas moins que l'incorporation de certains paramètres agronomiques tels que la sensibilité parasitaire pourrait fortement ajouter du crédit à la stratégie de sélection variétale opérée par les producteurs. En effet, l'un des fléaux qui limitent la production durable de bananier plantain dans la plupart des zones de production est la forte sensibilité des cultivars locaux aux attaques des nématodes (Gowen et al., 2005 ; Quénéhervé, 2008). En ce qui concerne les cultivars *Essong* et *Big Ebanga*, en dépit de leur prépondérance dans les exploitations paysannes, aucune information définissant leur niveau de sensibilité aux nématodes phytoparasites n'est disponible. La connaissance du niveau de sensibilité de ces cultivars à *R. similis* pourrait être une information capitale pour leur vulgarisation sur le plan national.

Les nématodes phytoparasites sont des vers microscopiques mesurant moins de 1 mm de longueur (Quénéhervé, 2008). Ceux qui s'attaquent aux bananiers sont des parasites stricts qui se nourrissent pour la plupart sur les racines des plantes, occasionnant des symptômes tels que des nécroses, des lésions et des galles sur les racines (Sarah, 1989 ; Chabrier, Quénéhervé, 2003 ; Chabrier et al., 2005). Les racines attaquées deviennent incapables d'assurer la nutrition hydrique et minérale de la plante, mais aussi le maintien de celle-ci, d'où la chute des bananiers plantains due au mauvais ancrage des plants ou à la pourriture des racines nécrosées (Sarah et al., 1996). Dans des conditions extrêmes de sols très pauvres et fortement érodés, les pertes associant la réduction du poids des régimes et les chutes de plants peuvent atteindre 75 % (Sarah et al., 1996).

Diverses espèces de nématodes ont été identifiées en Afrique centrale et occidentale dans les bananeraies industrielles et les champs paysans (Loubana et al., 2007). Parmi les plus importantes, figurent *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Hoplolaimus pararobustus*, *Pratylenchus coffeae* et *Pratylenchus goodeyi* (Loubana et al., 2007). Toutefois parmi les parasites de bananier plantain, le nématode *R. similis* est le plus répandu et le plus dommageable sur le plan économique (Sarah et al., 1996 ; Gowen et al., 2005 ; Loubana et al., 2007). C'est un endoparasite migrateur que l'on retrouve dans les racines de bananier plantain et généralement dans les zones de basse

altitude (Bridge et al., 1995 ; Sarah et al., 1996). Les pertes annuelles de rendement imputables à *R. similis* peuvent atteindre 20 à 75 % (Bridge et al., 1995 ; Sarah et al., 1996 ; Fogain, 2000).

Diverses stratégies de lutte contre *R. similis*, à savoir la lutte culturale, la lutte génétique, la lutte biologique et la lutte chimique ont été employées (Sarah et al., 1996 ; Quénéhervé, 2008). Parmi toutes ces méthodes, la lutte chimique qui consiste à traiter le sol et les cultures au moyen des produits de synthèse reste pour des raisons essentiellement d'ordre économique et de facilité de mise en œuvre, la méthode la plus vulgarisée (Chabrier et al., 2005). Malgré leur efficacité, l'utilisation régulière des produits chimiques présente des inconvénients. En dehors de leur coût d'application relativement élevé, ils perturbent les équilibres écologiques des milieux traités, polluent l'environnement et les denrées alimentaires, entraînent des effets néfastes sur la santé de l'homme et des animaux, et occasionnent le développement des souches résistantes (Lacher et al., 1997 ; Aubertot et al., 2005 ; Multigner et al., 2005).

Les travaux de recherches menées dans divers pays ont permis d'explorer les possibilités de lutter naturellement contre les nématodes phytoparasites à l'aide des plantes à effet nématicide (Janese et al., 1997 ; Nasima et al., 2002 ; Ioannina et al., 2004 ; Jothi et al., 2004). Le neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) est un arbre de la famille des *Meliaceae*, originaire d'Inde et d'Asie du Sud-Est (Bhandri, Mukerji, 1959). Cette plante est bien connue pour ses propriétés pesticides et reste la plus utilisée des plantes médicinales en Inde (Biswas et al., 2002). Pendant des années, les agriculteurs indiens ont exploité les propriétés fongicides, insecticides et anti-appétentes du neem à l'état brut pour résoudre les problèmes phytosanitaires (Javed et al., 2008). Très récemment, l'utilisation des dérivés de graines de neem comme produit de lutte contre les nématodes phytoparasites a été explorée au cours de l'évaluation de l'efficacité de plusieurs formulations sur les galles racinaires dues à *Meloidogyne javanica* (Javed et al., 2008). De même, l'activité nématicide des dérivés de neem sur les nématodes de plusieurs plantes, y compris du bananier, a été largement démontrée (Ravi et al., 2000 ; Harish, Gowda, 2001). Cependant, l'effet des formulations de graines de neem dans la protection de bananier plantain contre le nématode *R. similis* en champ demeurent inconnus. L'objectif principal de la présente étude est d'évaluer la sensibilité de cultivars *Essong* et *Big Ebanga* à *R. similis* et l'effet des formulations de graines de neem (FGN) dans la protection des bananeraies au Cameroun.

2. Matériel et méthodes

2.1. Bananier plantain

Dans cette étude, des vitro-plants des cultivars de bananiers plantains *Essong* et *Big Ebanga* fournis par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) de Nkolbisson-Yaoundé, ont été utilisés pour l'évaluation *in vivo* de leur sensibilité à *R. similis*. Le cultivar Grande naine, réputé très sensible à *R. similis* (Speijer, De Waele, 1997), a été utilisé comme référence. Les vitro-plants de bananier sont mis en culture pendant trois mois sous serre. Après enracinement, les vitro-plants munis de quatre feuilles, sont repiqués dans des bacs remplis de terre stérilisée. Quatre semaines plus tard, les plants ont été transférés individuellement dans des pots en plastique de 20 cm de diamètre et 25 cm de profondeur remplis d'un mélange autoclavé de sol sableux (60 % de sable, 20 % de limons, 20 % d'argile) et de tourbe (4 : 1). Les plants ont été maintenus sous éclairage naturel et arrosés selon les besoins, dans une serre au sein de laquelle la température oscillait de 25 à 30 °C durant l'expérimentation.

Pour l'évaluation de l'effet des formulations de graines de neem contre le nématode *R. similis* en champ, des rejets des cultivars de bananiers plantains *Essong* et *Big Ebanga* ont été récoltés dans les plantations paysannes à Mbankomo et à Ndimi. Les rejets collectés puis nettoyés ont été parés et pesés sur une balance (Sartorius MC1 + LC2201, B17519) afin de déterminer leur masse et procéder au calibrage.

2.2. Obtention des différentes formulations de graines de neem

Les fruits mûrs de neem ont été épluchés et les noyaux recueillis ont été séchés à l'air libre pendant 24 h. Les noyaux secs ont été décortiqués manuellement pour extraire les graines. Les graines ainsi obtenues ont été mises à sécher à température ambiante au laboratoire pendant 12 jours, puis broyées finement à l'aide d'une broyeuse électrique (Victoria Grain Mill-High Hopper, Medellin, Colombia). La poudre de graines de neem (PGN) ainsi obtenue a été conservée dans les flacons en verre opaque.

Le méthanol a été utilisé pour obtenir les extraits organiques de poudre de graines de neem (EO). Pour l'extraction, 100 g de poudre ont été introduits dans un erlenmeyer contenant 600 ml de méthanol puis laissés macérer pendant 48 h. Le mélange obtenu a été filtré à l'aide d'une toile et du papier filtre de type Whatman N°2, et le méthanol a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif (Buchi-R- 200, Medellin, Colombia) à 20 °C.

Le principe d'obtention des extraits aqueux de poudre (EA) utilisé a été décrit par Kosma et al. (2011). Une quantité de 100 g de poudre a été enveloppée dans une toile (1 mm de diamètre des mailles), puis plongée dans un récipient contenant 2 l d'eau. Après 24 h de macération, la toile contenant la pâte de neem a été retirée du récipient et essorée pour obtenir la solution aqueuse de neem. Une solution de détergent (savon en poudre, 100 mg/l) a été ajoutée à cette solution aqueuse et l'ensemble a été homogénéisé manuellement à l'aide d'une spatule.

Le principe d'extraction des huiles végétales tel que décrit par Kosma et al. (2011) a été utilisé pour extraire les huiles de neem (HN) à partir de la même poudre. Ainsi, 100 g de la PGN ont été introduits dans un récipient et 5 ml d'eau chaude y ont été ajoutés. L'extraction a été effectuée par pression de la PGN sans ajout de solvant organique. La poudre a été transformée en une pâte malaxée à la main pour en extraire une huile marron-vert, presque opaque et d'une odeur épicée bien spécifique. À la fin de l'extraction, l'huile de neem brute (mélange d'huile et de boue) obtenue a été filtrée à l'aide de filtre à café («Filtration douce», 1 × 4, Melitta, France). L'huile filtrée a été mise dans des bouteilles en aluminium adaptées au conditionnement des huiles.

Les rendements d'extraction ont été calculés par rapport au poids du matériel végétal suivant la formule ci-dessous.

$$\text{Rdt (\%)} = \frac{\text{Masse de l'extrait (g)}}{\text{Masse du matériel végétal (g)}} \times 100$$

2.3. Inoculum des nématodes *R. similis*

Des racines de bananier plantain prélevées dans des champs paysans à Mbankomo et présentant des nécroses, symptômes caractéristiques de *R. similis*, ont servi de source pour l'inoculum de nématode utilisé dans cette étude. Les racines infectées ont été soigneusement lavées à l'eau courante, puis sectionnées en fragments de 1 cm de longueur. L'isolement des nématodes a été réalisé par la méthode de tamisage de Cobb (Speijer, De Waele, 1997; Hooper et al., 2005) et grâce aux dispositifs modifiés de Baermann. Les nématodes *R. similis* ont été identifiés à partir des clés de détermination établies par Seinhorst (1966) et De Maeseneer et D'Herde (1963) et sur la base des caractères morphologiques et biométriques des spécimens selon les descriptions de Orton Williams et Siddiqi (1973). Une aliquote (2 ml) de l'eau de lavage est utilisée pour le dénombrement des nématodes sous la loupe binoculaire et ou au microscope × 40. L'inoculum obtenu a été concentré en boîte de Petri.

2.4. Évaluation *in vivo* de la sensibilité des cultivars de bananier plantain *Essong* et *Big Ebanga* à *R. similis*

Soixante plants des cultivars locaux de bananier plantain *Big Ebanga*, *Essong* et du cultivar de référence Grande naine ont été utilisés pour évaluer leur sensibilité à *R. similis* au Laboratoire Régional de Microbiologie Appliquée et de Lutte Biologique de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Nkolbisson. Les plants de bananier ont été répartis en trois groupes de $3 \times 20 = 60$ plants suivant un dispositif expérimental en bloc. Pour chaque cultivar, un lot de plants non inoculés constituait le témoin (T_0), tandis que (T_1) était le lot de plants inoculés de *R. similis*.

Des suspensions contenant environ 500 individus adultes de *R. similis* par ml ont été préparées. Une solution de 2 ml de ces suspensions (soit 1000 nématodes) a été introduite à l'aide d'une pipette dans cinq trous profonds de 2-3 cm, uniformément répartis dans le mélange terreux autour de chaque plante à proximité du stipe. Les plants ainsi inoculés ont été maintenus dans la serre selon les conditions décrites ci-dessus. Le pouvoir pathogène des nématodes *R. similis* a été évalué par la mesure de l'effet des nématodes sur les paramètres de croissance des plants de bananiers, la mesure de l'indice de nécrose racinaire, la mesure des taux de multiplication de *R. similis* et de la teneur en composés phénoliques dans les racines durant les 90 jours de l'expérimentation après inoculation (JAI).

À cet effet, les paramètres de croissance mesurés sur chaque plant et à des intervalles de temps de 14 jours à partir du premier jour après inoculation, incluaient : le nombre de feuilles fonctionnelles de chaque pied de bananier plantain ; la taille et le diamètre au collet des plants déterminés en centimètres (cm). La taille des plants a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban tandis que le diamètre au collet a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.

Pour l'évaluation des indices de nécroses racinaires, pour chaque traitement et dans chaque pot, cinq racines primaires et fonctionnelles mesurant 10 cm de longueur ont été sélectionnées de façon aléatoire. La somme des longueurs des fragments examinés était la même pour chaque traitement. Ces racines ont été fendues en deux parties dans le sens vertical. L'indice de nécrose racinaire (INR) a été évalué suivant une échelle allant de 0 à 4 où : 0 = pas de dégât ; 1 = dégât léger (< 25% du cortex de la racine totale nécrosé) ; 2 = dégât modéré (25-50% du cortex de la racine totale nécrosé) ; 3 = dégât sévère (51-75% du cortex de la racine totale nécrosé) ; 4 = dégât très sévère (75% du cortex de la racine totale nécrosé). La sévérité de l'infection a été déterminée pour chaque cultivar en divisant la somme des scores individuels par le nombre de racines observées.

Les racines primaires et fonctionnelles précédemment utilisées pour l'évaluation des indices de nécroses racinaires ont servi pour l'estimation du taux de reproduction des nématodes *R. similis* chez tous les cultivars étudiés. Ainsi, une suspension composée des nématodes et d'eau a été diluée dans un tube gradué de façon à obtenir un volume de 200 ml. Un sous-échantillon de 2 ml a été prélevé avec une micropipette et déposé sur une lame de comptage. Les nématodes ont été dénombrés et la quantité finale par unité racinaire (la masse de 5 racines fonctionnelles) a été déduite. Pour chaque cultivar, le taux de multiplication de *R. similis* par traitement a été obtenu par la formule

$$T_m = \frac{P_f - P_i}{P_i} \times 100$$

où P_f = population finale des nématodes récoltés sur un plant et P_i = population initiale.

Et enfin, pour le dosage des phénols totaux, une quantité de 0,5 g de matière sèche (poudre des racines des bananiers) et 10 ml d'une solution acétone/eau (70:30) ont été placés sous agitation pendant 10 mn, puis broyés à l'Ultra-Turax. Le mélange a été filtré et 150 μ l de cet extrait brut (EB) a été utilisé pour le dosage des phénols totaux par la méthode de Folin (Singleton et al., 1999).

2.5. Évaluation en champ de l'effet de formulations de graines de neem sur *R. similis*

Trois cent soixante (360) rejets de bananier plantain des cultivars *Essong* et *Big Ebanga*, ont été utilisés pour évaluer l'activité nématocide de formulations de graines de neem en champ, dans deux sites expérimentaux (Ndimi, Mbankomo). Avant la mise en place des essais, une analyse nématologique préliminaire a permis de déterminer l'homogénéité de l'infestation naturelle initiale dans les deux sites expérimentaux par les nématodes *R. similis*. Ainsi, dans chaque site expérimental, les plants de bananier plantain ont été repartis en 6 groupes de 30 plants par traitement et par cultivar chacun ($6 \times 30 \times 2 = 360$). Un dispositif expérimental en bloc complètement randomisé a été adopté et les traitements suivants ont été appliqués à chaque groupe de plants (ou rejets) au moment du transfert des plants en terre : poudre de graines de neem (PGN); extrait organique (EO); extrait aqueux (EA); huile de neem (HN); carbofuran (T_0^+); eau simple (T_0^-). Par la suite, les applications des formulations ont été répétées trois fois durant l'expérimentation, en des intervalles réguliers de 3 mois. Les traitements PGN et T_0^+ ont été épandus en couronne autour de chaque plant à un rayon d'environ 30 cm et respectivement aux normes de 250 et 50 g/plant. Par contre, les formulations HN, EA et EO ont été appliquées respectivement aux normes de 0,2; 0,25 et 0,33 l/plant, utilisant un pulvérisateur à dos et à pression équipé d'une buse à jet d'extrait. Ces solutions ont été déversées tout autour de chaque plant formant un cercle de diamètre 60 cm environ. Les plants témoins (T_0^-) n'ont reçu que de l'eau simple. Les effets de l'application des différentes formulations de graines de neem ont été évalués par la mesure de la population de *R. similis* et la mesure du rendement en plantain.

La densité de la population de *R. similis* dans les racines des plants de bananiers plantains testés a été estimée conformément à la méthode décrite plus haut. Par contre, le rendement annuel brut en t/ha a été déduit à partir du poids moyen des régimes multiplié par la densité des plants en utilisant la formule suivante :

$$Rb = \frac{PM \times PR \times D \times 100}{Cy} \times 100$$

où Rb est le rendement annuel brut, PM représente le poids moyen d'un régime, PR est la proportion de régimes récoltés, D est la densité des plants (plants/ha) et Cy est la durée du cycle en jours.

2.6. Analyse des données

Les données enregistrées (nombre de feuilles, taille et diamètre au collet des plants) ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) à l'aide du logiciel SPSS au seuil de signification 5%. La variable «nombre de nématodes» a été transformée en calculant le logarithme $\log_{10}(x + 1)$, où x représente le nombre de nématodes avant l'analyse de variance. Tous les dosages ont été réalisés en triple exemplaire et les résultats exprimés en équivalent acide gallique par rapport à la matière sèche (ppm EAG/ms). Les moyennes présentant des différences significatives ont été classées par la méthode de Newman et Keuls.

3. Résultats

3.1. Influence de l'infection de *R. similis* sur la croissance des plants de bananiers testés

Les données (Tableau 1) récapitulent les résultats relatifs à la croissance des plants des bananiers à la suite de l'inoculation artificielle des plants avec les nématodes. L'analyse statistique réalisée sur l'incidence de l'infection de nématode *R. similis* sur la croissance des

plants de bananiers testés révèle une interaction (traitement × cultivar) non significative ($P = 0,51$). Quatre vingt dix (90) jours après inoculation, l'analyse de variance a montré que les moyennes du nombre de feuille, de la taille et du diamètre au collet des plants inoculés avec *R. similis* sont significativement différentes ($P < 0,05$) et moins élevées, comparativement aux mesures obtenues chez les plants non inoculés (témoins). Les moyennes de mesures du nombre de feuille et de la taille des plants obtenues sur le cultivar *Big Ebanga* sont significativement différentes ($P < 0,05$) et plus élevées comparativement à celles obtenues sur les cultivars *Essong* et Grande naine, dont les valeurs mesurées ne présentent pas de différence significative ($P > 0,05$). Cependant, les moyennes des mesures du diamètre au collet (Tableau 1) obtenues sur les trois cultivars de bananier testés montrent des différences significatives ($P < 0,05$).

Tableau 1. Influence de l'infection de *R. similis* sur la croissance des parties aériennes.

Cultivars	Traitements	Nombre de feuilles	Taille des plants	Diamètre du collet	Moyennes		
					Nombre de feuilles	Taille des plants	Diamètre du collet
Esson	T0	7,5	30,5	16,3	6,6b	26,5b	14,8b
	T1	5,7	22,4	13,3			
Big Ebanga	T0	8,1	37,0	19,4	7,1a	33,9a	17,7a
	T1	6,0	30,8	15,9			
Grande naine	T0	7,1	36,2	13,0	6,5b	28,8b	12,2c
	T1	5,0	21,3	11,4			
Moyenne	T0	7,6a	34,6a	16,2a			
	T1	5,9b	24,8b	13,5b			

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative selon le test de Newman-Keuls au seuil 5%. T0 : plants non infectés et T1 : plants infectés.

3.2. Influence de l'infection de *R. similis* sur taux de multiplication des nématodes *R. similis* et les indices de nécroses racinaires (INR)

À l'issue de l'infection par *R. similis*, les résultats obtenus ont montré que l'effectif de la population initiale des nématodes a augmenté dans les racines des trois cultivars de bananier testés (Tableau 2). Les taux de reproduction de 0,01 ; 1,8 et 1,8 ont été enregistrés respectivement chez les cultivars *Big Ebanga*, *Essong* et Grande naine. L'analyse de variance a montré que des moyennes de la population de *R. similis* par 100 g de racines ainsi que celles de leur taux de multiplication dans les racines des plants du cultivar *Big Ebanga* étaient significativement différentes ($P < 0,05$) et plus basses comparativement à celles obtenues chez les cultivars *Essong* et Grande naine (Tableau 2). De même, la moyenne des mesures des indices de nécroses racinaires obtenue dans les racines du cultivar *Big Ebanga* était significativement différente ($P < 0,05$) et moins élevée par rapport à celles enregistrées dans les racines des cultivars *Essong* et Grande naine, qui ne présentaient pas de différence significative ($P > 0,05$).

Tableau 2. Influence de l'infection de *R. similis* sur le taux de reproduction de *R. similis* et les INR (%).

Cultivars	<i>R. similis</i> initiale Pi	<i>R. similis</i> finale Pf	Taux de multiplication	
			Tm	INR (%)
Esson	1000	2880a	+1,8a	34,5a
Big Ebanga	1000	1007b	+0,01b	11,6b
Grande Naine	1000	2767a	+1,8	36,7a

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative selon le test de Newman-Keuls au seuil 5%. T0 : plants non infectés et T1 : plants infectés. Pi : population initiale et Pf : population finale.

3.3. Évaluation de la teneur en phénols totaux des cultivars de bananier testés

Les données (Tableau 3) présentent les teneurs en composés phénoliques dans les racines des cultivars de bananiers plantain testés. Quatre vingt dix (90) jours après infection des plants par *R. similis*, les racines des cultivars de bananier non infectés ont présenté des concentrations en phénols totaux de $340,3 \pm 42,6$; $320,6 \pm 42,6$ et $301 \pm 42,6$ chez *Big Ebanga*, *Essong* et Grande naine respectivement, contre $465,0 \pm 42,6$; $454,8 \pm 42,6$ et de $441,6 \pm 42,6$ dans les racines des plants infectées. L'analyse de variance réalisée sur les valeurs moyennes de la concentration en phénols totaux a montré des différences significatives ($P < 0,05$) entre les mesures obtenues dans les racines des plants infectés et celles des plants non infectés. Bien qu'aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les valeurs moyennes des teneurs en phénols des cultivars testés, la quantité de phénols chez le cultivar *Big Ebanga* était plus élevée par rapport aux cultivars *Essong* et Grande naine. Les plus faibles concentrations de phénols ont été enregistrées chez le cultivar Grande naine (Tableau 3).

Tableau 3. Teneurs en composés phénoliques totaux des cultivars bananiers testés.

Traitements	Cultivars			Moyenne
	Big Ebanga	Essong	Grande Naine	
T1	$465,0 \pm 42,6$	$454,8 \pm 42,6$	$441,6 \pm 42,6$	$453,8 \pm 42,6a$
T0	$340,3 \pm 42,6$	$320,6 \pm 42,6$	$301,0 \pm 42,6$	$320,6 \pm 42,6b$
Moyenne	$402,5 \pm 42,6a$	$387,7 \pm 42,6a$	$371,3 \pm 42,6a$	

Les moyennes \pm erreurs standards ayant les mêmes lettres dans la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Student – Newman-Keuls. T0 : plants non infectés et T1 : plants infectés.

3.4. Effet des formulations de graines de neem sur la réduction de la population de *R. similis*, trois mois après plantation

Trois mois après plantation, les traitements aux formulations de graines de neem ont significativement ($P < 0,05$) réduit la population de *R. similis* comparativement aux valeurs obtenues lors de l'évaluation du niveau initial d'infestation des sites expérimentaux. L'analyse de variance réalisée sur les moyennes de la population de *R. similis* par 100 g de racines fraîches des cultivars de bananier plantain testés, n'a montré aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les valeurs obtenues sur les deux sites d'études. De même, dans chaque site d'étude, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été enregistrée entre les moyennes de la population de *R. similis* par 100 g des racines fraîches obtenues chez les deux cultivars de bananier plantain testés (Tableau 4). Cependant, sur les deux sites expérimentaux, l'analyse de variance réalisée sur les moyennes de la population de *R. similis* par 100 g de racines fraîches des cultivars de bananier plantain testés, a montré des différences significatives ($P < 0,05$) entre les valeurs obtenues dans les racines des plants traités à la PGN et aux EA et celles obtenues dans les racines des plants traités aux EO et aux HN. Une différence significative ($P < 0,05$) a été enregistrée entre les moyennes de la population de *R. similis* par 100 g de racines fraîches des deux cultivars traités à la PGN et aux EA et celles obtenues dans les racines des plants traités au Carbofuran. Sur chaque site expérimental, la population de *R. similis* a été moins nombreuse dans les racines récoltées sur les parcelles traitées au Carbofuran. Par contre sur les parcelles témoins (T0), la population de *R. similis* a été la plus nombreuse chez les deux cultivars de bananier plantain testés (Tableau 4).

Tableau 4. Effet des formulations de graines de neem sur la population de *R. similis*, 3 mois après la plantation.

Sites	Cultivars	Traitements						M1	M2
		PGN	EA	EO	HN	T0+	T0-		
Mbankomo	Essong	102	221	211	302	17	1600	408,8b	391,5b
	Big Ebanga	98	233	223	204	15	1472	374,2b	
Ndimi	Essong	92	98	209	227	11	1331	328,0b	299,8b
	Big Ebanga	94	88	207	221	12	1007	271,5b	
M3		96,5c	160c	212,5b	238,5b	13,8d	1352a		

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative selon le test de Newman-Keuls au seuil 5 %. PGN : poudre de graines de neem, EA : extrait aqueux, EO : extrait organique, HN : huile de neem, T0⁺ : carbofuran et T0⁻ : témoin. M1 : moyennes cultivars, M2 : moyennes sites, M3 : moyennes traitements.

3.5. Effet des formulations de graines de neem sur la population de *R. similis*, à la récolte

À la récolte, par rapport aux valeurs obtenues dans les racines des plants témoins, les formulations de graines de neem ont eu un effet positif dans la réduction de la population de *R. similis* (Tableau 5). L'analyse de variance réalisée sur les moyennes de la population de *R. similis* chez les deux cultivars de bananier plantain testés, a montré des différences significatives ($P < 0,05$) entre les valeurs obtenues sur les deux sites expérimentaux. Par contre, dans chaque site expérimental, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été enregistrée entre les moyennes de la population de *R. similis* obtenues dans les racines des deux cultivars de bananier plantain testés (Tableau 5). Dans les deux sites d'étude, l'analyse de variance réalisée sur les moyennes de la population de *R. similis* par 100 g des racines fraîches des deux cultivars de bananier plantain testés a montré des différences significatives ($P < 0,05$) entre les valeurs obtenues dans les racines des plants traités aux formulations de graines de neem (PGN, EA, EO et HN) et celle obtenue dans les racines des plants traités au Carbofuran. Une différence significative ($P < 0,05$) a été enregistrée entre les moyennes de la population de *R. similis* par 100 g de racines des plants des deux cultivars traités aux formulations de graines de neem (PGN, EA, EO et HN) et celles obtenues chez les plants non traités (témoins) (Tableau 5). En général, le traitement au Carbofuran a été le plus efficace dans la réduction de la densité de *R. similis* dans les racines des cultivars. L'augmentation de la population de *R. similis* était plus considérable dans les parcelles témoins.

Tableau 5. Effet des formulations de graines de neem sur la population de *R. similis*, à la récolte.

Sites	Cultivars	Traitements						M1	M2
		PGN	EA	EO	HN	T0+	T0-		
Mbankomo	Essong	763	1002	986	932	608	6560	1808,5a	1721,9a
	Big Ebanga	739	1036	966	912	556	5602	1635,2a	
Ndimi	Essong	702	703	686	601	357	5331	1396,7b	1373b
	Big Ebanga	814	623	516	553	383	5207	1349,3b	
M3		754,5b	841b	788,5b	749,5b	476c	5675a		

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative selon le test de Newman-Keuls au seuil 5 %. PGN : poudre de graines de neem, EA : extrait aqueux, EO : extrait organique, HN : huile de neem, T0⁺ : carbofuran et T0⁻ : témoin. M1 : moyennes cultivars, M2 : moyennes sites et M3 : moyennes traitements.

3.6. Effet des formulations des graines de neem sur le rendement en plantain

À la récolte, les traitements aux formulations des graines de neem ont positivement influencé la productivité des cultivars de bananiers plantains testés (Tableau 6). L'analyse de variance a montré que la moyenne des rendements obtenue dans les parcelles traitées à la PGN était significativement différente ($P < 0,05$) et plus élevée comparativement aux valeurs enregistrées dans les parcelles traitées aux EA, EO, HN et au $T0^-$. Une différence significative ($P < 0,05$) a été enregistrée entre les rendements moyens obtenus chez les plants traités aux EA, EO, HN et au $T0^+$ et celui obtenu chez les plants témoins ($T0^-$) (Tableau 6). L'effet positif des formulations de graines de neem sur le rendement en plantain (t/ha) chez les deux cultivars de bananier plantain testés a été plus visible à Ndimi qu'à Mbankomo, bien qu'aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été enregistrée entre les valeurs obtenues dans les deux sites. De même, dans chaque site d'étude, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été enregistrée entre les moyennes de mesures des rendements (t/ha) obtenues chez les deux cultivars de bananier plantain testés (Tableau 6).

Tableau 6. Effet des formulations de graines de neem sur le rendement en plantain (t/ha).

Sites	Cultivars	Traitements						M1	M2
		PGN	EA	EO	HN	T0+	T0-		
Mbankomo	Essong	18,3	14,3	15,0	14,8	15,4	4,6	13,7a	13,5a
	Big Ebanga	18,2	14,0	13,8	14,1	14,6	4,8	13,3a	
Ndimi	Essong	20,1	16,0	15,3	16,0	16,0	5,7	14,8a	14,8a
	Big Ebanga	20,0	15,6	16,1	15,4	16,0	6,0	14,8a	
	M3	19,2a	15b	15,1b	15,1b	15,5b	5,4c		

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative selon le test de Newman-Keuls au seuil 5 %. PGN : poudre de graines de neem, EA : extrait aqueux, EO : extrait organique, HN : huiles de neem, $T0^+$: carbofuran et $T0^-$: témoin. M1 : moyennes cultivars, M2 : moyennes sites et M3 : moyennes traitements.

4. Discussion

Le nématode endoparasite *R. similis* est considéré comme l'un des principaux parasites des bananiers plantains (Sarah, 1990 ; Gowen et al., 2005). En raison de leur extrême résistance, de leur grande variabilité physiologique et de leur vie souterraine, il est très difficile de le combattre. Au Cameroun, les pratiques culturales (utilisation des variétés résistantes, rotations, longues jachères, déforestations pour une mise en culture de terres neuves, etc.) et les moyens physiques (solarisation, désinfection à la vapeur, inondation des sols infestés) ne sont pas accessibles aux paysans faute des moyens financiers, des terres neuves, des plants indemnes de nématodes et des variétés résistantes. Quand à la lutte chimique, elle reste polluante, onéreuse et contraignante. Face à cette situation, le présent travail révèle le degré de sensibilité de deux cultivars locaux de bananier plantain *Essong* et *Big Ebanga* à *R. similis* et a permis de mettre en évidence les effets de formulations des graines de neem dans la lutte contre le nématode *R. similis*, parasite de bananier plantain au Cameroun.

La régression des paramètres de croissance, suite à l'infection des plants des cultivars de bananiers plantains par les nématodes *R. similis*, est liée à la destruction des tissus des parties souterraines de la plante observée au niveau des racines. Ces résultats corroborent ceux des travaux antérieurs obtenus par Sarah et al. (1996) et Van den Bergh et al. (2000), qui avaient montré dans un essai que la destruction des tissus souterrains entraînait une réduction de la nutrition hydrique et minérale, ce qui se traduit par un ralentissement de la croissance et du développement des plants de bananiers plantains. L'augmentation du pourcentage des indices de nécroses racinaires, suite à l'infection des plants de bananiers par *R. similis* peut être expliquée par la formation des nécroses racinaires caractéristiques de ce nématode. Par

ailleurs, Guedira et al. (2004) avaient observé des résultats similaires lors d'un test d'évaluation de la résistance à deux nématodes *R. similis* et *Meloidogyne* spp. chez quatre génotypes de bananiers au Maroc. Les plus grands pourcentages des indices de nécroses racinaires et du taux de multiplication de nématode *R. similis* obtenus chez les cultivars Grande naine et *Essong*, montrent la forte sensibilité de ces cultivars vis-à-vis de *R. similis*. Ces résultats confirment les travaux de plusieurs auteurs à savoir Speijer et De Waele (1997), Duong Thi Minth et al. (2002). Selon ces auteurs, lorsqu'une variété est sensible à une espèce de nématode et qu'en présence de ce dernier, la population augmente, des nécroses apparaissent au niveau des racines. De plus, selon Sarah et al. (1996), les nécroses atteignent en très peu de temps le cylindre central, entraînant très rapidement la destruction et la mort de la racine (Guedira et al., 2004). Considérant que le nombre de nématodes détectés dans les racines des plants infectés par *R. similis* était relativement élevé, et que cela semblait affecter directement les autres paramètres mesurés, on peut penser que, dans ce travail, les cultivars locaux de bananiers plantains *Essong* et *Big Ebanga* testés présentent une sensibilité vis-à-vis de *R. similis* au même titre que le cultivar de référence Grande naine. Le niveau élevé des teneurs en composés phénoliques totaux obtenu dans les racines des plants infectés et celui relativement bas dans les racines des plants non infectés, pourrait s'expliquer certainement par une sécrétion supplémentaire de ces composés lors des mécanismes de défense de la plante suite à l'infection de celle-ci par *R. similis*. Selon Wuyts (2006), les variétés de bananier résistantes aux nématodes contiennent plus de composés phénoliques que les variétés sensibles.

Au cours de cette étude, nous avons pu prouver que toutes les formulations de graines de neem, dans le cas d'une application directe, exercent un effet nématicide. L'utilisation de nématicide naturel comme les formulations de graines de neem, comparé aux nématicides de synthèses est économique et à la portée des paysans. De plus, de nombreuses études ont été menées dans plusieurs pays sur la possible toxicité du neem. Ces études ont montré que les feuilles, les graines et l'écorce de neem ont une très faible toxicité pour les mammifères (Chatopadhyay et al., 1992). Biswas et al. (2002) ont montré dans des tests de toxicité aigus sur les souris que l'extrait méthanolique d'écorce de neem présente une LD50 pour une injection orale de 13 g/kg. Panda et Kar (2000) ont également étudié l'effet d'extrait de feuilles de neem sur les fonctions thyroïdiennes des souris mâles. Ils ont étudié l'effet de deux doses différentes d'extraits de feuilles de neem (40 et 100 mg/kg/jour) pendant 20 jours. Les extraits d'huile de neem sont inoffensifs à des doses faibles (Talwar et al., 1995). Le neem est un excellent antiparasitaire qui contient des métabolites secondaires tels que les triterpènes, les alcaloïdes, les saponines et les stéroïdes (Gommers, 1981). La grande activité nématicide observée avec les traitements à la poudre des graines de neem, aux huiles de neem, aux extraits organiques et aqueux de graines de neem est potentiellement due à la présence de ces métabolites secondaires qui ont des propriétés nématicides et/ou nématostatiques (Gommers 1981 ; Kapil et al., 1994). Nos résultats sont conformes à ceux de Akhtar (1998), Lale, Abdulrahman (1999), Siddiqui, Akhtar (2008) qui ont respectivement étudié les effets de certains sous-produits du neem sur le développement des nématodes *Meloidogyne* spp. du pois chiche, de la dolique et de la tomate en sol infesté par plusieurs populations de ces nématodes. En effet, il a été montré que certains organes du neem inhibent le développement des nématodes (Akhtar, 1998). Cependant, en dépit d'une activité nématicide variable d'une formulation à l'autre, les capacités destructrices et reproductrices des nématodes étaient fortement altérées lorsque ceux-ci étaient soumis aux traitements avec la poudre de graines de neem à l'état brut. Ces résultats corroborent ceux des travaux antérieurs de Musabyimana et Saxena (1999) dont l'objectif était de déterminer l'efficacité de formulations de graines de neem contre les nématodes *Pratylenchus goodeyi* et *Meloidogyne* spp. affectant les plants de bananier plantain. Le niveau plus élevé de l'activité biologique de la poudre des graines de neem résulterait probablement de la présence de certains métabolites secondaires qui pourraient être soit absents ou alors présents, mais en concentration subléthale dans les autres formulations (Akhtar, 1998).

5. Conclusion

L'objectif principal de ce travail était d'évaluer la sensibilité de cultivars *Essong* et *Big Ebanga* à *R. similis* et l'effet nématicide des formulations de graines de neem (FGN) dans la protection des bananeraies au Cameroun. Au regard des résultats obtenus suite à l'infection des plants par les nématodes *R. similis* et sur la base d'une évaluation de la sensibilité des variétés de bananiers à *R. similis* telle que définie par Speijer et De Waele (1997), il apparaît que les deux cultivars de bananier plantain *Essong* et *Big Ebanga* sont sensibles à *R. similis*. Par ailleurs, bien que les deux cultivars locaux soient sensibles au nématode *R. similis*, comparativement au cultivar de référence Grande naine, le cultivar *Essong* apparaît plus sensible à *R. similis* que le cultivar *Big Ebanga*. Ces résultats sont importants surtout pour les sélectionneurs et les petits producteurs de la banane plantain qui, vu l'importance alimentaire et économique des cultivars *Essong* et *Big Ebanga*, les préfèrent aux autres cultivars locaux, malgré généralement des faibles rendements obtenus. Ainsi pour une meilleure productivité de ces cultivars locaux, et vu leur niveau de vulnérabilité à *R. similis*, l'association dans leurs itinéraires de culture, des méthodes de lutte contre ce nématode, principal ravageur de bananiers plantains serait nécessaire.

Nos résultats montrent bien l'efficacité de formulations de graines de neem contre le nématode *R. similis*, principal ravageur de bananier plantain au Cameroun. Ainsi donc, le niveau élevé de l'activité biologique de graines de neem suggère que celles-ci pourraient être utilisées comme substrat de base pour la formulation des nématicides, pourvoyant ainsi une alternative durable contre les nématodes du bananier plantain en champ. Les résultats de cette étude sont d'une très haute importance pour les petits producteurs de bananier plantain qui ne sont pas toujours capables de maîtriser les techniques impliquées dans les opérations d'extraction et peuvent avoir des difficultés à accéder à des produits commerciaux. Compte tenu des préoccupations actuelles, l'utilisation de formulations de graines de neem peut constituer une alternative intéressante et prometteuse pour l'agriculture camerounaise.

Bibliographie

- Akhtar M., 1998. Biological control of plant-parasitic nematodes by neem products in agricultural soil. *Applied of Soil Ecology*, **7**, 219-223.
- Ambang Z., Ndongo B., Ngoh Dooh J.P., Djilé B., 2005. Effet des extraits des graines du laurier jaune (*Thevetia peruviana* Pers) sur les charançons (*Sitophilus zeamais* Motsch), ravageur des stockées. *Biosciences Proceedings*, **11**, 57-63.
- Aubertot J.N. et al., 2005. *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux*. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref, France, 64 p.
- Bhandri P.R., Mukerji B., 1959. The neem: Indian lilac (*Azadirachta indica*). *The Eastern Pharmacist*, **2**, 21-24.
- Biswas K., Chattopadhyay I., Banerjee R.K., Bandyopahyay U., 2002. Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*). *Current Science*, **82**, 1336-1345.
- Bridge J., Nigel S.P., Kofi P., 1995. Plant parasitic nematodes of plantain and other crops in Cameroon West Africa. *Fundamental and Applied Nematology*, **18**, 251-260.
- Chabrier C., Quénéhervé P., 2003. Control of the burrowing nematode *Radopholus similis*(Cobb) on banana: impact of the banana field destruction method on the efficiency of the following fallow. *Crop Protection*, **22**, 121-127.
- Chabrier C., Hubervic J., Jules-Rosette R., Quénéhervé P., 2005. Évaluation de l'efficacité de deux formulations d'Oxamyl contre les nématodes et le charançon des bananiers à la Martinique. *Nematropica*, **35**, 11-22.

- Chattopadhyay R.R., Sarkar S.K., Ganguly S., Banerjee R.N., 1992. Active effects of *Azadirachta indica* leaves on some biochemical constituents of blood in rats. *Sciences and Culture*, **58**, 39-40.
- De Maeseneer J., D'Herde C.J., 1963. Méthodes utilisées pour l'étude des anguillules libres du sol. *Revue Agriculture*, **16**, 441-447.
- Duong Thi Minth N.A., Nguyen Thi Tuyet E., De Waele D., 2002. Réponse des plantes-hôtes de bananiers Pisang jari buaya et Mysore à *Radopholus similis*. *Infomusa*, **11**, 19-21.
- Dury S., Bricas N., Tchango-Tchango J., Temple L., Bikoï A., 2002. The determinant of urban plantain consumption in Cameroon. *Food Quality and Preferences*, **32**(3), 81-88.
- Fogain R., 2000. Effect of *Radopholus similis* on plant growth and yield of plantains (*Musa* AAB). *Nematology*, **2**, 129-133.
- Gommers F.J., 1981. Biochemical interactions between nematodes and plants and their relevance to control. *Helminthology*, **50**, 9-24.
- Gowen S.R., Quénéhervé P., Fogain R., 2005. Nematode Parasites of Bananas and Plantains. In: Luc M., Sikora R.A., Bridge J. (eds). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, p. 611-643.
- Guedira A. et al., 2004. Évaluation de la résistance à deux nématodes : *Radopholus similis* et *Meloidogyne* spp. chez quatre génotypes de bananier au Maroc. *Comptes-Rendus Biologie*, **327**, 745-751.
- Harish M., Gowda N.D., 2001. Management of the burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, infesting banana. *Indian Journal of Nematology*, **31**, 23-25.
- Honfo F.G., Polycarpe K., Ayode A.P., Coulibaly O., Tenkoumo A., 2007. Relative contribution of banana and plantain products to the nutritional requirements for iron, zinc, and vitamin A of infants and mothers in Cameroon. *Fruits*, **62**(5), 267-277.
- Hooper D.U. et al., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, **75**, 3-35.
- Ioannina O.G., Dimitrios G.K., Demetra P.A., 2004. A novel non-chemical nematicide for the control of root-knot nematodes. *Applied Soil Ecology*, **26**, 69-79.
- Jacobsen K., Fogain R., Mouassom H., De Waele D., 2004. Musa-based cropping systems of the Cameroon highlands: A case study of the West and North West provinces of Cameroon with emphasis on nematodes. *Fruits*, **59**(5), 311-318.
- Janese L., Belcher L., Hussay R.S., 1997. Influence of *Tagetes patula* and *Arachis hypogaea* on *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease Reporter*, **61**, 17-27.
- Javed N., Gowena S.R., El-Hassana S.A., Inam-ul-Haqa M., Shahinab F., Pembroke B., 2008. Efficacy of neem (*Azadirachta indica*) formulations on biology of root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) on tomato. *Crop Protection*, **27**, 36-43.
- Jothi G., Babus S.R., Ramakrishnan S., Rjeandran G., 2004. Management of root lesion nematode, *pratylenchus delattre* in crossandra using oil cakes. *Bioresource Technology*, **93**, 257-259.
- Kapil A., Sharma S., Wahidulla S., 1994. Leishmanicidal activity of 2-Benzoxazolinone from *Acanthus illicifolius* in vitro. *Planta Medica*, **60**, 180-187.
- Kosma P. et al., 2011. Assessment of nematicidal properties and phytochemical screening of neem seed formulations using *Radopholus similis*, parasitic nematode of plantain in Cameroon. *Crop Protection*, **30**, 733-738.
- Lacher T.E., Mortensen S.R., Johnson K.A., Kendall R.J., 1997. Environmental aspects of pesticide use on banana plantations. *Pesticide Outlook*, **12**, 24-28.
- Lale N.S.E., Abdulrahman H.T., 1999. Evaluation of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seed oil obtained by different methods and neem powder for the management of *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea. *Journal of Stored Products Research*, **35**, 135-143.
- Loubana P.M. et al., 2007. Study of genetic diversity of plant parasitic nematodes on bananas and plantains in central and west Africa. *Africa Crops Sciences Conference Proceedings*, **8**, 783-786.

- Lusty C., Akyeampong E., Davey M.W., Ngoh Newilar G., Markham R., 2006. A staple food with nutritious appeal. *Infomusa*, **15**(2), 39-43.
- Mengue E.C., Temple L., Tomekpe K., 2003. Sélection variétale par des producteurs du Centre du Cameroun. *Infomusa*, **12**(1), 4-8.
- Multigner L., Cordier S., Jégou B., 2005. Effets adverses des produits phytosanitaires sur la santé humaine. In : Regnault-Roger C., Fabres G., Philogène B. (eds). *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. Lavoisier, Paris, 243-259.
- Musabyimana T., Saxena R.C., 1999. Efficacy of Neem Seed Derivatives against Nematodes Affecting Banana. *Phytoparasitica*, **27**, 43-49.
- Nasima I.A., Siddiqui I.A., Shaikat S.S., Zaki M.J., 2002. Nematicidal activity of some strains of *Pseudomonas* spp. *Soil Biology and Biochemistry*, **34**, 1051-1058.
- Ngoh N.G., Tchango Tchango J., Fokou E., Etoa F.X., 2005. Processing and food uses of bananas and plantains in Cameroon. *Fruits*, **60**(4), 245-253.
- Nkendah R., Akyeampong E., 2003. Données socioéconomiques sur la filière plantain en Afrique Centrale et de l'Ouest. *Infomusa*, **12**(1), 8-12.
- Okolle J.N., Fansi G.H., Lombi F.M., Sama Lang P., Loubana P.M., 2009. Banana entomological research in Cameroon: how far and what next. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, **3**(1), 1-19.
- Orton Williams K.J., Siddiqi M.R., 1973. *Radopholus similis* C.I.H. *Description of Plant-Parasitic Nematodes*. Set 2, No. 27. Commonwealth Institute of Helminthology, St. Albans, Herts, UK, 4 p.
- Panda S., Kar A., 2000. How safe is Neem extract with respect to thyroid function in male mice. *Pharmacological Research*, **41**, 419-422.
- Quénéhervé P., 2008. Integrated management of banana nematodes. In: Ciancio A., Mukerji K.G. (eds). *Integrated management of fruit crops nematodes*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, p. 1-54.
- Ravi K., Nanjgowda D., Reddy P.P., 2000. Integrated management of the burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, on banana. *Pest Management Horticulture Ecosystem*, **6**, 124-129.
- Sarah J.L., 1989. Banana nematodes and their control in Africa. *Nematropica*, **19**, 199-216.
- Sarah J.L., 1990. Les nématodes et le parasitisme des racines de bananiers. *Fruits*, **45**, 60-67.
- Sarah J.L., Pinochet J., Stanton J., 1996. *Radopholus similis* Cobb, *nématode parasite des bananiers. Parasites et ravageurs des Musa. Fiche technique n°1*. INIBAP, Montpellier, France. http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/The_burrowing_nematode_of_bananas_Radopholus_similis_129_FR.pdf
- Seinhorst J.W., 1966. Killing nematodes for taxonomic study with hot F.A. *Nematologica*, **12**, 178.
- Siddiqui Z.A., Akhtar M.S., 2008. Effects of organic wastes, *Glomus intraradices* and *Pseudomonas putida* on the growth of tomato and on the reproduction of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Phytoparasitica*, **36**, 460-471.
- Singleton V.L., Ortofer R., Lamuela-Raventos R.M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, **299**, 152-178.
- Speijer P.R., De Waele D., 1997. *Guides techniques INIBAP. 1. Évaluation du matériel génétique de Musa pour la résistance aux nématodes*. Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain, Montpellier, France. http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/241_FR.pdf
- Talwar G.P. et al., 1995. Safety of intrauterine administration of purified neem seed oil in women and effect of its co-administration with the heterospecies dimmer birth control vaccine on antibody response to human chorionic gonadotropin. *Indian Journal of Medical Research*, **102**, 66-70.
- Van den Bergh I. et al., 2000. Évaluation en serre de la résistance/tolérance de matériel génétique vietnamien aux nématodes à galles et à lésions. *Infomusa*, **9**, 8-11.
- Wuyts N., 2006. Interactions entre les nématodes parasites des plantes et le métabolisme secondaire des plantes, avec une emphase sur les phénylpropanoïdes dans les racines. *Infomusa*, **15**, 43-44.

AGRAR-2013:

**1st conference of African research
on agriculture, food, and nutrition.**

Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, June 4-6, 2013

**Agriculture and the challenges of food and nutrition in
Africa: the contributions of research in the cotton zone**

AGRAR-2013 :

**1^{re} conférence de la recherche africaine sur
l'agriculture, l'alimentation et la nutrition.**

Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 4-6 juin 2013

**L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la
nutrition en Afrique : quels apports de la recherche dans
les pays cotonniers**

**Michel Fok
Ousmane Ndoeye
Siaka Koné**

AGRAR-2013:
1st conference of African research on agriculture,
food, and nutrition.
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, June 4-6, 2013

AGRAR-2013 :
1^{re} conférence de la recherche africaine sur l'agriculture,
l'alimentation et la nutrition.
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 4-6 juin 2013

AGRAR-2013:
1st conference of African research on agriculture,
food, and nutrition.
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, June 4-6, 2013

**Agriculture and the challenges of food and nutrition in
Africa: the contributions of research in the cotton zone**

AGRAR-2013 :
1^{re} conférence de la recherche africaine sur
l'agriculture, l'alimentation et la nutrition.
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 4-6 juin 2013

**L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la
nutrition en Afrique : quels apports de la recherche
dans les pays cotonniers**

**Michel Fok,
Ousmane Ndoeye,
Siaka Koné**

2015



© 2015, LES PRESSES AGRONOMIQUES DE GEMBLoux, A.S.B.L.

Passage des Déportés 2 — B-5030 Gembloux (Belgique)

Tél. : +32 (0) 81 62 22 42 – Fax : +32 (0) 81 62 25 52

E-mail : pressesagro.gembloux@ulg.ac.be URL : www.pressesagro.be

D/2015/1665/138

ISBN 978-2-87016-138-8

Cette œuvre est sous licence Creative Commons. Vous êtes libre de reproduire, de modifier, de distribuer et de communiquer cette création au public selon les conditions suivantes :

- *paternité (BY) : vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'œuvre) ;*
- *pas d'utilisation commerciale (NC) : vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales ;*
- *partage des conditions initiales à l'identique (SA) : si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.*

À chaque réutilisation ou distribution de cette création, vous devez faire apparaître clairement au public les conditions contractuelles de sa mise à disposition. Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits sur cette œuvre. Rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint le droit moral de l'auteur.

Publié avec l'aide du Service publique de la Wallonie
(Aides à la promotion de l'emploi)